

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 712 765 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.10.2006 Patentblatt 2006/42

(51) Int Cl.:
F02D 41/06^(2006.01) F02D 41/34^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06110715.7**

(22) Anmeldetag: **06.03.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Beer, Johannes
93051, Regensburg (DE)**
• **Herfurth, Roland
93051, Regensburg (DE)**

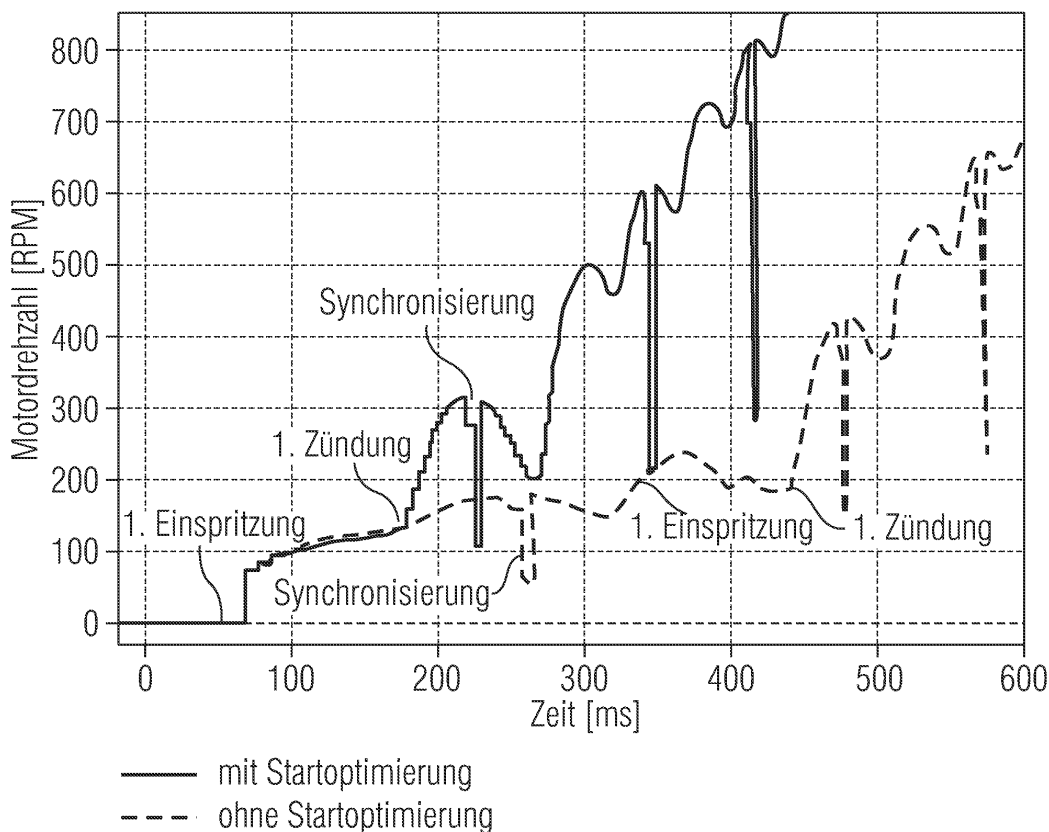
(30) Priorität: **07.04.2005 DE 102005016067**

(54) **Verfahren zur Erhöhung der Start-Reproduzierbarkeit bei Start-Stopp-Betrieb einer Brennkraftmaschine**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung der Start-Reproduzierbarkeit bei Start-Stopp-Betrieb einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit Startoptimierung. Die Start-Reproduzierbar-

keit wird erhöht, indem ein für verschiedene Stopppositionen der Brennkraftmaschine erzielbarer maximaler Drehzahlgradient auf einen festgelegten Drehzahlgradienten reduziert wird.

FIG 1



EP 1 712 765 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Start-Optimierung der Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, das im Start-Stopp-Betrieb genutzt wird.

[0002] Um den Kraftstoffverbrauch in Kraftfahrzeugen zu senken, erfolgt bei Stillstand des Kraftfahrzeugs ein Anhalten oder Stoppen der Brennkraftmaschine gefolgt von einem erneuten Starten, sobald das Kraftfahrzeug weiter fahren soll. Dieser Start-Stopp-Betrieb wird mit einer Start-Optimierung eingesetzt, die ein Starten der Brennkraftmaschine ermöglicht, noch bevor eine Synchronisation mit der Kurbelwelle stattgefunden hat. Voraussetzung für die Start-Optimierung ist die Kenntnis der Motorposition nach dem Stoppen der Brennkraftmaschine, so dass bei Erkennen einer ersten Zahnflanke des Kurbelwellengebers die aktuelle Motorposition bis zur Synchronisation durch Inkrementierung ermittelt werden kann. Nach der Synchronisation wird der Startvorgang in herkömmlicher Weise fortgesetzt.

[0003] Die unterschiedlichen Drehzahlverläufe einer hochlaufenden Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, die mit oder ohne Start-Optimierung betrieben wird, sind in Fig. 1 gezeigt. Die gestrichelte Kurve zeigt einen Drehzahlverlauf für einen Betrieb ohne Startoptimierung, während die durchgezogene Kurve den Drehzahlverlauf für einen Betrieb mit Start-Optimierung wiedergibt. Die Drehzahlverläufe sind über derselben Zeitachse aufgetragen, so dass ein direkter zeitlicher Vergleich beider Drehzahlverläufe möglich ist. Man erkennt, dass zum Zeitpunkt $t=430$ ms die Brennkraftmaschine mit Start-Optimierung bereits Leerlaufdrehzahl erreicht hat, während die Brennkraftmaschine mit herkömmlicher Startstrategie zu diesem Zeitpunkt zum ersten Mal zündet. Die Kurve für den Betrieb mit Start-Optimierung zeigt starke Drehzahlschwankungen während des Hochlaufens. Diese Schwankungen entstehen auf Grund der Einflüsse der durch den Zylinder zu verrichtenden Kompressionsarbeit, der Reibung und durch eine diskontinuierliche Momentenfreisetzung. Ein derartiger Start-Stopp-Betrieb wird durch die DE 43 04 163 A1 offenbart, deren Start-Optimierung in Fig. 2 dargestellt ist. Man kann erkennen, dass die unterschiedlichen Zylinderfüllungen der ersten Verbrennung beispielsweise bei einer Vier-Zylinder-Brennkraftmaschine während der Start-Optimierung, d. h. vor der Synchronisation, von der Stoppposition der Brennkraftmaschine abhängen. Bei einer Brennkraftmaschine mit mehr als vier Zylindern sind auch mehrere erste Verbrennungen während der Start-Optimierung möglich, die das Startverhalten der Brennkraftmaschine beeinflussen. Die Abhängigkeit von der Stoppposition ergibt sich im Speziellen für direkt einspritzende Brennkraftmaschinen. Denn nur bei direkter Einspritzung nach dem Schließen des Einlassventils kann noch Kraftstoff in den Brennraum eingebracht und so eine Verbrennung einer von der Stoppposition abhängigen Zylinderfüllung realisiert werden. Bei Saugrohrein-spritzern ist hingegen die Einspritzung am Ende der Ansaugphase abgeschlossen, so dass sich bei der Start-Optimierung eines Saugrohreinspritzers immer eine maximale Zylinderfüllung für die erste Verbrennung ergibt.

[0004] Wie Fig. 2 zeigt, sind je nach Stoppposition einer Brennkraftmaschine mit vier Zylindern eine oder mehrere Verbrennungen während der Start-Optimierung möglich. Die Stopppositionen und die weiter hier diskutierten Positionen werden jeweils als Kurbelwellenwinkel angegeben. Diese Verbrennungen gestalten aufgrund ihrer Zylinderfüllungen den variierenden Drehzahlverlauf bis zur Synchronisation. Aufgrund dieser variierenden Ausgangsbedingungen der jeweiligen Verbrennung während der Start-Optimierung wird chemische Energie nicht reproduzierbar in kinetische Energie umgewandelt. Dies ist beispielgebend in Fig. 3 dargestellt, die vergleichend die Drehzahlverläufe sowie die Drehbeschleunigungen eines Starts der Brennkraftmaschine ausgehend von einer Stoppposition von 45° nach dem oberen Totpunkt und von 90° nach dem oberen Totpunkt zeigt. Man erkennt, dass die Drehbeschleunigung mit ca. $4500 \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ bei einer Stoppposition von 45° nach dem oberen Totpunkt fast doppelt so groß ist wie die Drehbeschleunigung von $2600 \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ bei einer Stoppposition von 90° nach dem oberen Totpunkt. Diese unterschiedliche Dynamik während der Start-Optimierung führt gerade bei Fahrzeugen mit längs eingebauter Brennkraftmaschine aufgrund der Drehimpulserhaltung zu einem Gegenmoment, das an der Fahrzeuglängsachse wirkt. In Abhängigkeit von der Stoppposition ist dieses Gegenmoment unterschiedlich groß und erzeugt eine entsprechende Wankneigung des Kraftfahrzeugs. Der Fahrer des Kraftfahrzeugs wird diese Wankneigung als eine "Unruhe" im Kraftfahrzeug oder als eine Störung seines "Startgefühls" wahrnehmen. Für das Wohlbefinden des Fahrers ist daher eine Reproduzierbarkeit des Startverhaltens einer Brennkraftmaschine unabhängig von ihrer Stoppposition im Start-Stopp-Betrieb erforderlich.

[0005] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Erhöhung der Start-Reproduzierbarkeit einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit Start-Optimierung bereitzustellen.

[0006] Die obige Aufgabe wird durch das im unabhängigen Anspruch 1 definierte Verfahren gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterentwicklungen des Verfahrens sind in der folgenden Beschreibung und in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

[0007] Das vorliegende Verfahren ist darauf gerichtet, dass im Rahmen der Start-Optimierung einer Brennkraftmaschine im Start-Stopp-Betrieb ein reproduzierbares Startverhalten der Brennkraftmaschine bzw. eine Start-Reproduzierbarkeit erzeugt wird, um den Start-Stopp-Betrieb für den Nutzer des Kraftfahrzeugs so komfortabel wie möglich zu gestalten. Es erhöht die Start-Reproduzierbarkeit, indem ausgehend von einer Stoppposition der Brennkraftmaschine zunächst ein möglicher maximaler Drehzahlgradient für die erste oder die ersten Verbrennungen in der Start-Optimierungsphase berechnet wird. Ob während der Start-Optimierungsphase nur eine oder eine Mehrzahl von ersten Verbrennungen zu berücksichtigen ist, richtet sich nach der Zylinderanzahl der Brennkraftmaschine und der somit jeweils in den

verschiedenen Zylindern möglichen ersten Verbrennung vor der Synchronisation. Dieser maximale Drehzahlgradient ergibt sich aus der optimalen Ausnutzung der bei dieser Stoppposition der Brennkraftmaschine möglichen maximalen Zylinderbefüllung mit Kraftstoff und Luft sowie aus der Umsetzung dieser Zylinderfüllung mit Hilfe eines optimalen Zündwinkels.

[0008] Da mit der vorliegenden Erfindung gerade nicht der jeweils maximal mögliche Drehzahlgradient der ersten Verbrennung oder Verbrennungen während der Start-Optimierung realisiert werden soll, wird in einem weiteren Schritt der maximale Drehzahlgradient auf einen festgelegten Drehzahlgradienten reduziert, der für verschiedene Stopp-Positionen der Brennkraftmaschine realisierbar ist. Der festgelegte Drehzahlgradient wird derart gewählt, dass er dem maximalen Drehzahlgradienten der am häufigsten auftretenden Stoppposition der betrachteten Brennkraftmaschine entspricht. Da die am häufigsten auftretende Stoppposition durch die Eigenschaften der Brennkraftmaschine beeinflusst wird, kann auch der festgelegte Drehzahlgradient für unterschiedliche Brennkraftmaschinen verschieden sein. Der Drehzahlgradient einer Stoppposition, die vor der Stoppposition des festgelegten Drehzahlgradienten, d.h. bei kleinerem Kurbelwellenwinkel, liegt, kann durch das nachfolgend beschriebene Verfahren auf den festgelegten Drehzahlgradienten reduziert werden. Es kann aber auch eine Stoppposition auftreten, die nach der am häufigsten auftretenden Stoppposition liegt. In diesem Fall kann der Drehzahlgradient der ersten Verbrennung nicht auf den festgelegten Drehzahlgradienten gesteigert werden. Aus diesem Grund wird bevorzugt ein festgelegter Drehzahlgradient gewählt, der einer Stoppposition mit größerem Kurbelwellenwinkel als der häufigsten Stoppposition der Brennkraftmaschine entspricht. Der festgelegte Drehzahlgradient kann daher trotz unterschiedlicher Stopppositionen erzeugt werden, weil der jeweils maximale Drehzahlgradient der einzelnen Stoppposition größer oder gleich dem festgelegten Drehzahlgradienten ist. Reduziert man nun gezielt den jeweils maximalen Drehzahlgradienten auf den festgelegten Drehzahlgradienten, erhält man die gewünschte Reproduzierbarkeit. Diese Reproduzierbarkeit während der Start-Optimierung gewährleistet dem Nutzer des Kraftfahrzeugs ein gleichmäßiges Verhalten der Brennkraftmaschine und auf diese Weise ein komfortables "Startgefühl". Der maximale Drehzahlgradient kann auf den festgelegten Drehzahlgradienten reduziert werden, indem mit Hilfe einer Zündwinkel-Spätverstellung die Effizienz der ersten Verbrennung oder der ersten Verbrennungen und/oder mit einer Einlassventil-Spätverstellung die Zylinderfüllung für die erste oder ersten Verbrennungen gezielt auf den gewünschten Wert angepasst wird.

[0009] Zur Vereinfachung und Beschleunigung des Verfahrens wird gemäß einer Ausführungsform auf ein Kennfeld für den maximalen Drehzahlgradienten zurückgegriffen, das den maximalen Drehzahlgradienten bei optimalem Zündwinkel und optimaler Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der Stoppposition der Brennkraftmaschine und einer Motor-temperatur wiedergibt. Dieser dem Kennfeld zu entnehmende maximale Drehzahlgradient wird dann mit einem für verschiedene Stopppositionen festgelegten Drehzahlgradienten ins Verhältnis gesetzt, um darüber die Effizienz der ersten Verbrennung bzw. Verbrennungen der Start-Optimierung einstellen zu können. Dieses Verhältnis bildet den Zündwinkel-Wirkungsgrad, der angibt, wie stark der maximal mögliche Drehzahlgradient für die vorliegende Stoppposition reduziert werden muss, um ein reproduzierbares und für den Fahrer angenehmes "Startgefühl" des Kraftfahrzeugs zu erzielen.

[0010] Sollte die Brennkraftmaschine mit einer Verstellung der Zeitpunkte für das Öffnen und Schließen der Einlassventile arbeiten, kann auf diese Weise ebenfalls der für eine bestimmte Stoppposition der Brennkraftmaschine erzielbare maximale Drehzahlgradient angepasst werden. In dieser Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens wird die Einlassventil-Spätverstellung ebenfalls in der Berechnung des Zündwinkel-Wirkungsgrads berücksichtigt.

[0011] Um abschließend die Effizienz der ersten Verbrennung/Verbrennungen während der Start-Optimierung gezielt zu reduzieren, wird aus dem Zündwinkel-Wirkungsgrad ein Zündwinkel-Offset berechnet, um den der optimale Zündwinkel der ersten Verbrennung oder Verbrennungen in Richtung spät verschoben wird. Auf diese Weise wird zwar die Effizienz der Verbrennung während der Start-Optimierung reduziert, gleichzeitig werden aber die für ein angenehmes "Startgefühl" erforderlichen reproduzierbaren Kolbenkräfte gewährleistet.

[0012] Die begleitenden Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine vergleichende Darstellung der Motordrehzahl für eine Brennkraftmaschine mit Start-Optimierung und eine Brennkraftmaschine ohne Start-Optimierung,

Fig. 2 die Darstellung einer Start-Optimierung mit einer in Bezug auf den Zünd-OT definierten Stoppposition, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt ist,

Fig. 3 den Vergleich der ersten startoptimierten Zündung bei der Stoppposition von 45° nach dem oberen Totpunkt und bei der Stoppposition von 90° nach dem oberen Totpunkt.

[0013] Beim Abstellen eines Kraftfahrzeugs bleibt die Brennkraftmaschine nach dem Zufallsprinzip in unterschiedlichen Stopppositionen α_{stopp} stehen. In Abhängigkeit von der Drosselklappenöffnung ergibt sich dabei eine mittlere Abstellposition von ca. 90° Kurbelwellenwinkel nach dem oberen Totpunkt. Die auftretenden Stopppositionen sind um diesen als Mittellage angenommenen Winkel annähernd gaussverteilt. Es ist jedoch ebenfalls denkbar, dass Brenn-

kraftmaschinen aufgrund ihres Aufbaus, ihrer Zylinderzahl oder aufgrund anderer Konfigurationsdaten eine andere mittlere Abstellposition α_{stopp} zeigen.

[0014] Um die Reproduzierbarkeit des Startverhaltens in Abhängigkeit von der Stoppposition zu erzeugen, d. h. um für die verschiedensten Stopppositionen einer Brennkraftmaschine immer wieder den gleichen Drehzahlgradienten beim erneuten Starten zu erzielen, wird ein Verfahren angewandt, mit dem die Effizienz der ersten Verbrennung der Start-Optimierung - also die Verbrennungen vor der Synchronisation - gezielt reduziert wird. Dieses Verfahren kann sich ebenfalls auf eine Mehrzahl von ersten Verbrennungen der Start-Optimierung erstrecken, wie sie bei einer mehrzylinderigen Brennkraftmaschine auftreten kann. Dadurch wird ein annähernd konstanter Drehzahlgradient aus jeder beliebigen Stoppposition heraus generiert, weil diese die gleiche oder eine größere Zylinderfüllung als eine unten näher erklärte Soll-Stoppposition (Referenzposition) aufweist.

[0015] Die Effizienz der Verbrennung während der Start-Optimierung wird einerseits über die Verstellung des Zündwinkels oder andererseits über die im Zylinder zur Verfügung stehende Luftmenge eingestellt. Es ist ebenfalls bevorzugt, beide Einstellverfahren für die Steuerung des Start-Stopp-Betriebs einer Brennkraftmaschine kombiniert zu nutzen.

[0016] Zunächst erfolgt als Grundlage für das vorliegende Verfahren die Bestimmung der Stoppposition α_{stopp} der Brennkraftmaschine beispielsweise mit Hilfe eines Kurbelwellengebers. Dieser Kurbelwellengeber erfasst den Kurbelwellenwinkel auch nach Abschalten der Brennkraftmaschine. Die Stoppposition α_{stopp} legt den durch die Brennkraftmaschine erzielbaren maximalen Drehzahlgradienten ω_{max} der ersten Verbrennung/Verbrennungen fest, für die noch keine vollständige Zylinderfüllung vorliegt, wenn die Brennkraftmaschine während der Start-Optimierung erneut gestartet wird. Der maximale Drehzahlgradient ω_{max} ergibt sich ausgehend von der Stoppposition α_{stopp} , der bei dieser Stoppposition α_{stopp} möglichen optimalen Zylinderfüllung mit Luft und Kraftstoff und der Annahme, dass diese Zylinderfüllung bei optimalem Zündwinkel gezündet wird. Es können auch noch weitere Parameter zur Bestimmung des maximalen Drehzahlgradienten ω_{max} berücksichtigt werden, wie beispielsweise die Motortemperatur TCO oder eine die Motortemperatur repräsentierende Größe, beispielsweise die Temperatur des Kühlmittels des Motors. Gemäß einer Ausführungsform ist der maximale Drehzahlgradient als eine Funktion von der Stoppposition und der Motortemperatur $\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{max}}(\alpha_{\text{stopp}}, \text{TCO})$ unter der Annahme einer optimalen Einspritzmenge, eines optimalen Zündwinkels und eines optimalen Einlassventil-Schließens bestimmt.

[0017] Um den Aufwand zur Berechnung des maximalen Drehzahlgradienten ω_{max} durch das Betriebssteuergerät der Brennkraftmaschine zu begrenzen, wird bevorzugt der entsprechend der Stoppposition α_{stopp} mögliche maximale Drehzahlgradient ω_{max} nicht ständig neu berechnet, sondern aus einem gespeicherten Kennfeld ausgelesen. Ein derartiges Kennfeld kann beispielsweise für jeden Typ einer Brennkraftmaschine empirisch ermittelt und dann in dem Betriebssteuergerät abgespeichert werden. Aus dem bevorzugten Kennfeld wird nach Bestimmen der Stoppposition α_{stopp} und der Temperatur TCO der Brennkraftmaschine der entsprechende maximale Drehzahlgradient ω_{max} ausgelesen, während ebenfalls die obigen Annahmen gelten.

[0018] Um die aufgrund der unterschiedlichen Stopppositionen α_{stopp} erzielbaren maximalen Drehzahlgradienten ω_{max} auf ein gemeinsames Drehzahlgradientenniveau zu bringen, wird die Soll-Stoppposition $\alpha_{\text{stopp-soll}}$ festgelegt. Diese Soll-Stoppposition $\alpha_{\text{stopp-soll}}$ zeichnet sich dadurch aus, dass die allgemein üblichen Stopppositionen α_{stopp} der Brennkraftmaschine an oder vor dieser Position liegen. Obwohl auch ein geringer Anteil der Stopppositionen hinter der Soll-Stoppposition liegen kann, ist die Soll-Stoppposition derart gewählt, dass eine effektive Startoptimierung mit kurzen Startzeiten erzielt wird. Basierend auf dieser Auswahl wird gewährleistet, dass der ausgehend von der Soll-Stoppposition $\alpha_{\text{stopp-soll}}$ erreichbare maximale Drehzahlgradient aus jeder Stopp- oder Auslaufposition der Brennkraftmaschine nicht überschritten wird. Dies erfolgt mit optimaler Zylinderfüllung und optimalem Zündwinkel bei Übereinstimmung der Stoppposition α_{stopp} mit der Soll-Stoppposition $\alpha_{\text{stopp-soll}}$. Bei einer Stoppposition α_{stopp} kleiner als die Soll-Stoppposition $\alpha_{\text{stopp-soll}}$ ergibt sich eine größere Zylinderfüllung im Vergleich zur Soll-Stoppposition (Referenzposition), so dass mit reduzierter Effizienz der ersten Verbrennung/Verbrennungen der maximale Drehzahlgradient der Soll-Stoppposition $\alpha_{\text{stopp-soll}}$ eingestellt wird. Dieser aus der Soll-Stoppposition $\alpha_{\text{stopp-soll}}$ bei optimalen Bedingungen erreichbare maximale Drehzahlgradient wird als festgelegter Drehzahlgradient bezeichnet. Es ist ebenfalls bevorzugt, den festgelegten Drehzahlgradienten in Abhängigkeit von weiteren Betriebsparametern der Brennkraftmaschine, wie beispielsweise eine Soll-Motortemperatur TCO_{soll} , zu definieren.

[0019] Liegt die Stoppposition α_{stopp} vor der Soll-Stoppposition $\alpha_{\text{stopp-soll}}$, wie es aufgrund der Wahl der Soll-Stoppposition $\alpha_{\text{stopp-soll}}$ bei beispielsweise 90° nach dem oberen Totpunkt der Fall ist, kann über eine Verminderung des Zündwinkelwirkungsgrads η_{IGA} der Drehzahlgradient der ersten Verbrennung während der Start-Optimierung auf den maximalen Drehzahlgradienten entsprechend der Soll-Stoppposition $\alpha_{\text{stopp-soll}}$ vermindert werden. Des Weiteren kann eine Abweichung weiterer Betriebsparameter der Brennkraftmaschine von ihrem Soll-Wert mit Hilfe der Verminderung des Zündwinkelwirkungsgrads ausgeglichen werden. Ein Beispiel dafür ist die Motortemperatur TCO, deren Abweichung von der Soll-Motortemperatur TCO_{soll} kompensiert wird. Der Zündwinkelwirkungsgrad η_{IGA} berechnet sich als Funktion von der Stoppposition α_{stopp} und der Motortemperatur TCO gemäß dem folgenden Quotienten:

$$\eta_{IGA}(\alpha_{stopp}, TCO) = \frac{\omega_{max}(\alpha_{stopp-soll}, TCO_{soll})}{\omega_{max}(\alpha_{stopp}, TCO)}.$$

5

mit $\alpha_{stopp} \leq \alpha_{stopp-soll}$,

10 η_{IGA} Zündwinkelwirkungsgrad,

α_{stopp} Stoppposition,

15 TCO Motortemperatur,

TCO_{SOLL} Motorsolltemperatur

ω_{max} maximaler Drehzahlgradient,

20 $\alpha_{stopp-soll}$ Soll-Stoppposition.

[0020] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens lässt sich der Drehzahlgradient nicht nur über den Zündwinkelwirkungsgrad und die nachfolgende Zündwinkelverstellung, sondern ebenfalls über das Anpassen der im Zylinder befindlichen Luftmenge einstellen. Diese Einstellmöglichkeit kann allein oder in Kombination mit der Spätverstellung des Zündwinkels angewandt werden. Die Luftmenge, die im Zylinder im ersten Kompressionstakt verdichtet wird, lässt sich durch eine Verstellung der Einlass-Nockenwelle nach spät verringern. Blicke die Brennkraftmaschine in einer Stoppposition α_{stopp} am unteren Totpunkt stehen, würde sich eine maximale Zylinderfüllung mit Luft und Kraftstoff und somit auch ein möglicher maximaler Drehzahlgradient ergeben. Wird die Einlass-Nockenwelle nun auf maximal spät gestellt, so dass ein Schließen des Einlassventils bei beispielsweise 70° nach dem unteren Totpunkt erfolgt, so wird bis zum Schließen des Einlassventils (EVS) ein Teil der Luft während des Kompressionstaktes ins Saugrohr zurückgeschoben. Auf diese Weise lässt sich für eine Stoppposition α_{stopp} vor dem Schließen des Einlassventils EVS eine von der Stoppposition α_{stopp} unabhängige Zylinderfüllung einstellen, die jedoch durch das Schließen des Einlassventils eingestellt wird. Der erzielbare Drehzahlgradient entspricht in diesem Fall einer Stoppposition α_{stopp} , die der Schließposition EVS des Einlassventils gleich ist (vgl. die unten stehende Formel). Die oben beschriebene Beeinflussung der Zylinderfüllung über eine Verstellung der Einlass-Nockenwelle setzt ein Verstellsystem voraus, das auch bei Stillstand der Brennkraftmaschine betrieben werden kann. Dies ist beispielsweise mit elektrischen Nockenwellenstellern oder mit einer elektrischen Ventilsteuerung innockenwellenlosen Brennkraftmaschinen möglich.

[0021] Wird, wie oben beschrieben, die Zylinderfüllung über spätes Schließen des Einlassventils vermindert, so ist die Stoppposition α_{stopp} durch die Schließposition EVS des Einlassventils definiert, da erst die Schließposition die Zylinderfüllung und den damit möglichen maximalen Drehzahlgradienten ω_{max} bei optimalen Bedingungen festlegt. Angewandt auf diese Randbedingungen der Brennkraftmaschine lässt sich auch hier der bereits oben genannte Zündwinkelwirkungsgrad η_{IGA} mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnen.

45

$$\eta_{IGA}(\alpha_{stopp}, TCO) = \frac{\omega_{max}(\alpha_{stopp-soll}, TCO_{soll})}{\omega_{max}(\alpha_{stopp} = EVS, TCO)}.$$

50

für $\alpha_{stopp} \leq \alpha_{stopp-soll}$,

und $EVS \leq \alpha_{stopp-soll}$,

55 η_{IGA} Zündwinkelwirkungsgrad,

α_{stopp} Stoppposition,

TCO Motortemperatur,

TCO_{SOLL} Motorsolltemperatur

5 ω_{max} maximaler Drehzahlgradient,

$\alpha_{stopp-soll}$ Soll-Stoppposition,

10 EVS Schließposition des Einlassventils.

[0022] Aus dem in den obigen Gleichungen definierten Zündwinkelwirkungsgrad wird abschließend ein Zündwinkel-Offset Δ_{IGA} für die erste Verbrennung berechnet. Dieser Zündwinkel-Offset ist eine Funktion des Zündwinkelwirkungsgrads η_{IGA} , der Stoppposition α_{stopp} und der Motortemperatur TCO, so dass sich der Zusammenhang ergibt $\Delta_{IGA} = \Delta_{IGA}(\eta_{IGA}, \alpha_{stopp}, TCO)$. Dieser Zündwinkel-Offset verschiebt den Zündwinkel in Richtung spät bei einem zu erwartenden maximalen Drehzahlgradienten der Stoppposition α_{stopp} , der über dem festgelegten Drehzahlgradienten liegen würde. Auf diese Weise wird die Effizienz der ersten Verbrennung reduziert und somit der tatsächlich erzielte Drehzahlgradient auf das Niveau des festgelegten Drehzahlgradienten verringert.

20 Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhöhung der Start-Reproduzierbarkeit bei Start-Stopp-Betrieb einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit Startoptimierung, das die folgenden Schritte aufweist:

- 25 a. Erfassen einer Stoppposition α_{stopp} der Brennkraftmaschine,
 b. Bestimmen eines mit einer ersten Verbrennung der Start-optimierung möglichen maximalen Drehzahlgradienten ω_{max} in Abhängigkeit von der Stoppposition α_{stopp} , einer in einem Zylinder der Brennkraftmaschine vorhandenen Kraftstoffmenge und einer in dem Zylinder vorhandenen Luftmenge bei einem optimalen Zündwinkel und
 30 c. Reduzieren des maximalen Drehzahlgradienten auf einen festgelegten Drehzahlgradienten, der für verschiedene Stopppositionen α_{stopp} reproduzierbar ist, indem mit Hilfe einer Zündwinkel-Spätverstellung die Effizienz der ersten Verbrennung oder Verbrennungen und/oder mit einer Einlassventil-Spätverstellung die Zylinderfüllung für die erste Verbrennung oder ersten Verbrennungen gezielt verringert wird.

35 2. Verfahren gemäß Anspruch 1, mit dem weiteren Schritt:

Auslesen eines Kennfelds für den maximalen Drehzahlgradienten ω_{max} , das einen maximalen Drehzahlgradienten $\omega_{max}(\alpha_{stopp}, TCO)$ bei optimalem Zündwinkel und optimaler Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der Stoppposition α_{stopp} und einer Motortemperatur TCO der Brennkraftmaschine angibt.

40 3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, in dem der festgelegte Drehzahlgradient durch den maximalen Drehzahlgradienten ω_{max} an einer festgelegten Soll-Stoppposition $\alpha_{stopp-soll}$ der Brennkraftmaschine definiert ist.

45 4. Verfahren gemäß Anspruch 3, mit dem weiteren Schritt:

Bestimmen der Zündwinkel-Spätverstellung für Stopppositionen $\alpha_{stopp} \leq \alpha_{stopp-soll}$ aus einem Zündwinkel-Wirkungsgrad η_{IGA} , der sich als Quotient aus dem festgelegten Drehzahlgradienten in Abhängigkeit von der Soll-Stoppposition $\alpha_{stopp-soll}$ und einer Soll-Motortemperatur TCO_{soll} und dem maximalen Drehzahlgradienten ω_{max} in Abhängigkeit von der Stoppposition α_{stopp} und der Motortemperatur TCO gemäß folgender Formel ergibt:

50

$$\eta_{IGA}(\alpha_{stopp}, TCO) = \frac{\omega_{max}(\alpha_{stopp-soll}, TCO_{soll})}{\omega_{max}(\alpha_{stopp}, TCO)}.$$

55

5. Verfahren gemäß Anspruch 3, mit dem weiteren Schritt:

Verringern einer für die erste Verbrennung zur Verfügung stehenden Zylinderfüllung mit Hilfe der Einlassventil-Spätverstellung, wodurch der maximale Drehzahlgradient reduzierbar ist.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, in dem bei der Einlassventil-Spätverstellung die Stoppposition α_{Stopp} durch eine Schließposition EVS des Einlassventils mit $\alpha_{\text{Stopp}} = \text{EVS}$ bestimmt ist.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, mit dem weiteren Schritt:

Bestimmen der Zündwinkel-Spätverstellung bei Anwendung der Einlassventil-Spätverstellung für die Stoppposition $\alpha_{\text{Stopp}} \leq \alpha_{\text{Stopp-Soll}}$ und die Schließposition $\text{EVS} \leq \alpha_{\text{Stopp-Soll}}$ aus einem Zündwinkel-Wirkungsgrad η_{IGA} , der sich als Quotient aus dem festgelegten Drehzahlgradienten in Abhängigkeit von einer Soll-Motortemperatur TCO_{Soll} und dem maximalen Drehzahlgradienten ω_{max} in Abhängigkeit von der Stoppposition α_{Stopp} und der Motortemperatur TCO gemäß folgender Formel ergibt:

$$\eta_{\text{IGA}}(\alpha_{\text{Stopp}}, \text{TCO}) = \frac{\omega_{\text{max}}(\alpha_{\text{Stopp-Soll}}, \text{TCO}_{\text{Soll}})}{\omega_{\text{max}}(\alpha_{\text{Stopp}} = \text{EVS}, \text{TCO})}.$$

8. Verfahren gemäß Anspruch 4 oder 7, mit den weiteren Schritten:

Bestimmen der Zündwinkel-Spätverstellung für die erste Verbrennung mit Hilfe eines Zündwinkel-Offsets Δ_{IGA} über die Funktion $\Delta_{\text{IGA}} = \Delta_{\text{IGA}}(\eta_{\text{IGA}}, \alpha_{\text{Stopp}}, \text{TCO})$ und Verschieben des optimalen Zündwinkels der ersten Verbrennung um den Zündwinkel-Offset in Richtung spät.

FIG 1

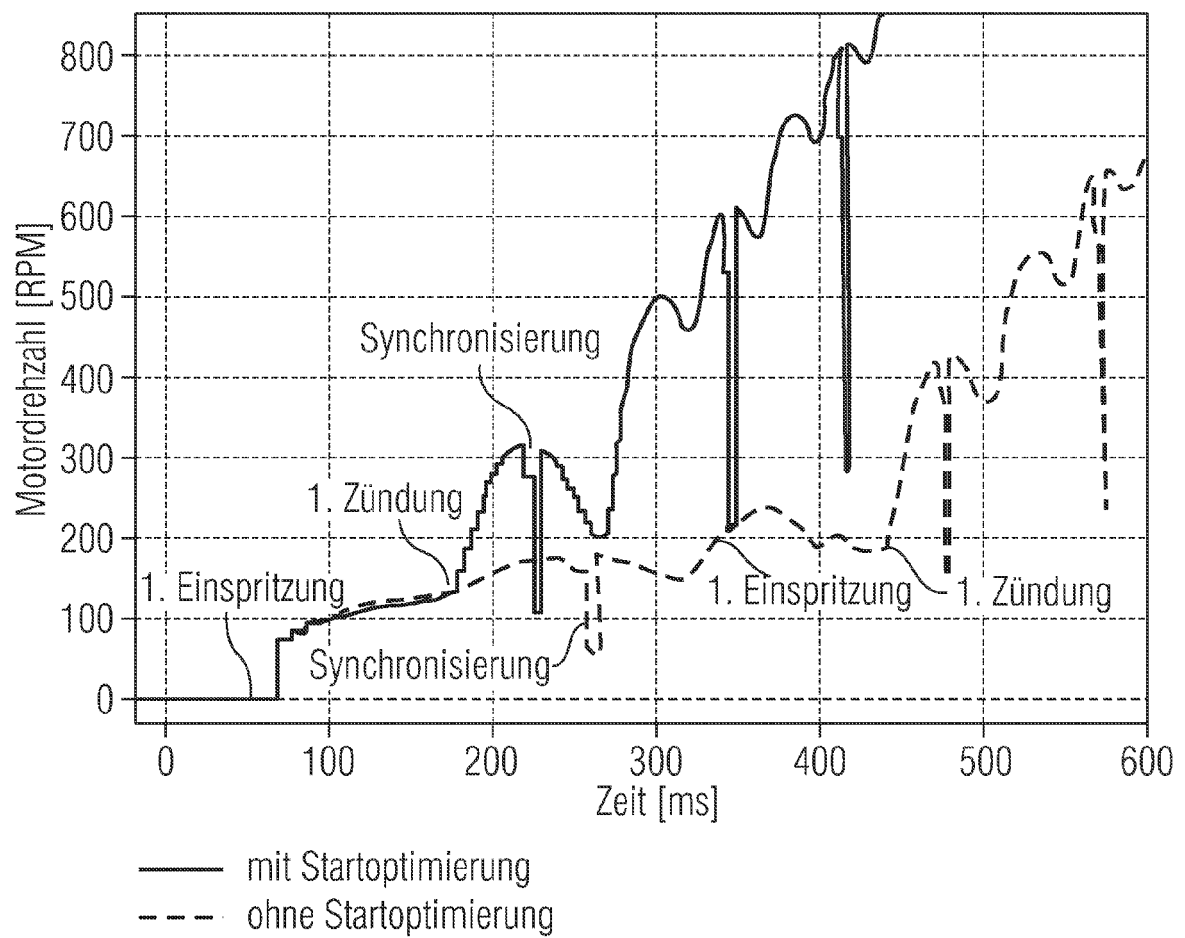


FIG 2

Start Strategie: 4 Zylinder DI-Engine
Timing erste Verbrennung

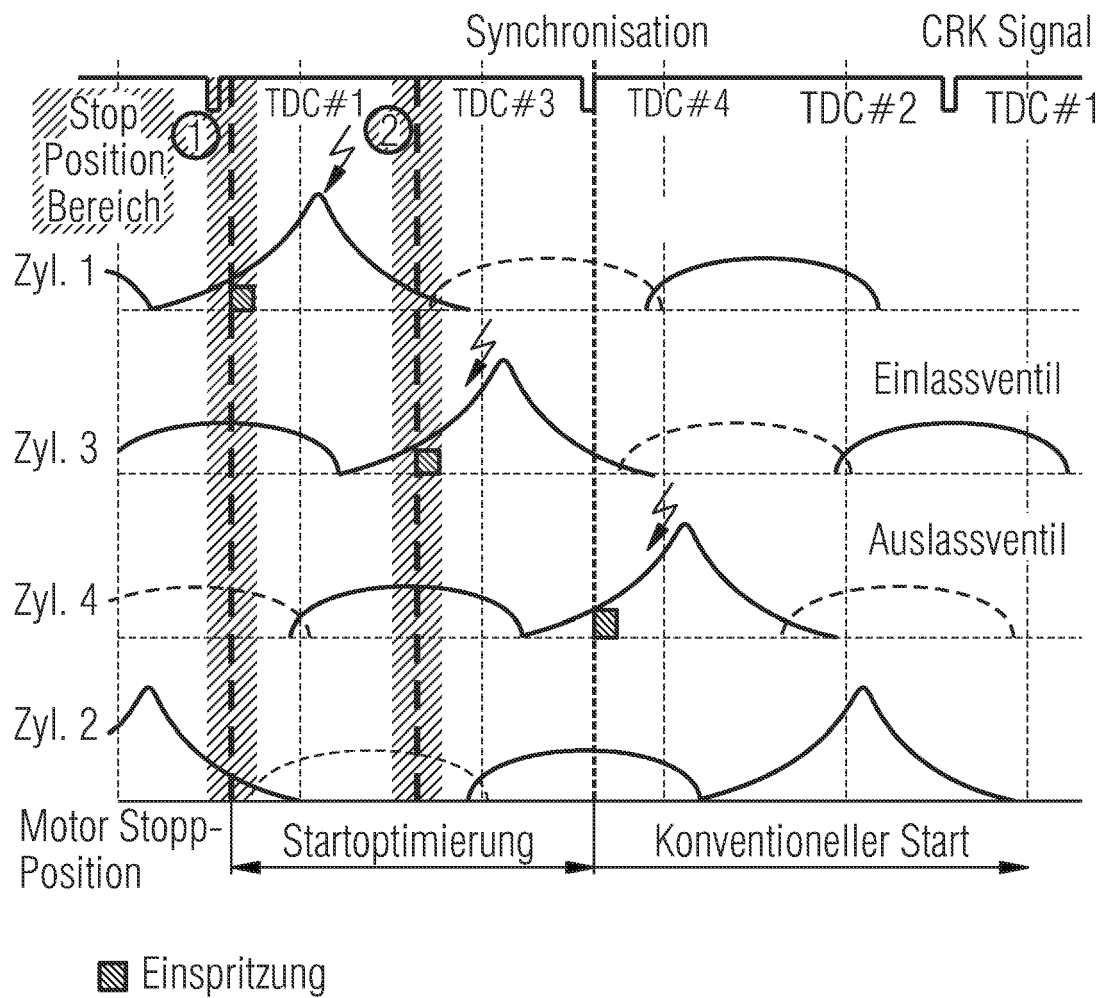
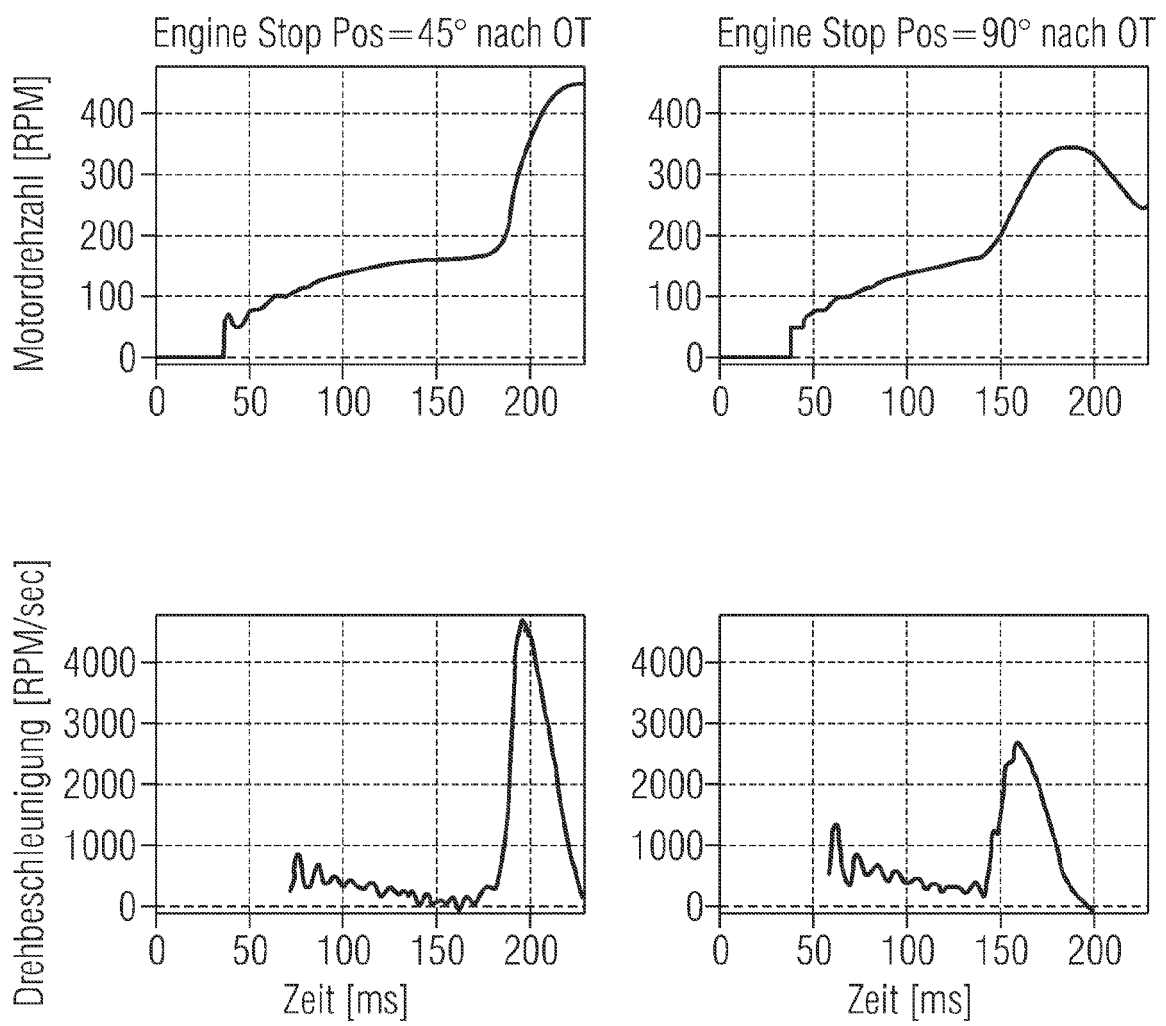


FIG 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 11 0715

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 103 04 449 A1 (SIEMENS AG) 26. August 2004 (2004-08-26) * Zusammenfassung * * Absätze [0001] - [0013] * -----	1-8	INV. F02D41/06 F02D41/34
A	DE 100 56 863 C1 (SIEMENS AG) 14. März 2002 (2002-03-14) * Zusammenfassung * * Absätze [0001] - [0011] * * Absätze [0021] - [0024] * -----	1-8	
D,A	DE 43 04 163 A1 (ROBERT BOSCH GMBH, 70469 STUTTGART, DE) 25. August 1994 (1994-08-25) * Zusammenfassung * * Spalte 1, Zeile 59 - Spalte 2, Zeile 11 * -----	1-8	
A	DE 197 41 294 A1 (ROBERT BOSCH GMBH, 70469 STUTTGART, DE) 25. März 1999 (1999-03-25) * Zusammenfassung * * Spalte 1, Zeile 9 - Spalte 2, Zeile 45 * -----	1	
A	DE 103 35 016 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 24. Februar 2005 (2005-02-24) * Zusammenfassung * * Absätze [0006] - [0014] * -----	1	
A	EP 1 422 421 A (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, LLC; FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, INC., A SUBSI) 26. Mai 2004 (2004-05-26) * Zusammenfassung * * Absätze [0001] - [0017] * -----	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. Juli 2006	Prüfer Wettemann, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

4

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 06 11 0715

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-07-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
DE 10304449	A1	26-08-2004	EP	1590563	A1	02-11-2005
			WO	2004070184	A1	19-08-2004
			JP	2006514222	T	27-04-2006

DE 10056863	C1	14-03-2002	WO	0240848	A1	23-05-2002
			EP	1336041	A1	20-08-2003
			US	2003000501	A1	02-01-2003

DE 4304163	A1	25-08-1994	WO	9418444	A2	18-08-1994
			EP	0683855	A1	29-11-1995
			JP	8506397	T	09-07-1996
			US	5595161	A	21-01-1997

DE 19741294	A1	25-03-1999	BR	9806180	A	19-10-1999
			WO	9915787	A1	01-04-1999
			EP	0939859	A1	08-09-1999
			JP	2001506727	T	22-05-2001
			US	6202614	B1	20-03-2001

DE 10335016	A1	24-02-2005	FR	2858666	A1	11-02-2005

EP 1422421	A	26-05-2004	US	2004133333	A1	08-07-2004

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4304163 A1 [0003]